



## 運用環景技術增進戰車機動安全與戰場覺知能力之探討

筆者：劉守中少校、黃瑞憶上校

### 提要

- 一、傳統裝甲車輛全車以金屬裝甲板包覆，戰駕士於開、閉駕駛艙時，使用後視鏡或潛望周視鏡，獲得前、側方察看視野，後視鏡於歐洲地區如德國豹二式及英國挑戰二型，配備一對可收折及防止鏡片晃動避震器，戰鬥間可收合，平時可獲清晰側方影像，夜間駕駛使用星光夜視鏡遇強光照射，易導致光放管燒毀，白晝無法使用，不若遠紅外線熱像鏡全天候功能。
- 二、戰車缺乏足夠的側向和後方視野輔助設備，戰駕士難以掌握周邊全景，平日戰車於倒車或進出射擊陣地，要求車長必須下車指揮，此為最佳防險方式。戰時若於接戰狀態下，車長開啟艙門或下車指揮，傷亡風險極高，若裝置車輛環景系統，以感光耦合元件(Charge-coupled Device, 簡稱：CCD)或互補式金屬氧化物半導體(Complementary Metal Oxide Semi-conductor, 簡稱：CMOS)，製成數位鏡頭，CMOS 可獲影像高解析度與 2,400 至 4,800 萬畫素，幾乎全面取代 CCD，戰駕士可於座艙內透過環景螢幕察看戰車四周景象，戰鬥中可自力快速進出陣地，毋須車長冒險下車指揮。
- 三、戰車閉艙駕駛訓練奠基於駐、基地專長訓練與戰鬥教練，若戰駕士不習慣於閉艙環境行駛，則將自身陷入高傷亡危險環境中，若不勤加訓練，在閉艙幽閉環境中，容易使乘員產生暈眩及迷失方向感，部分乘員會產生心悸及嘔吐等症狀，影響戰鬥力發揮。

關鍵詞：戰車閉門駕駛、視野盲區、360 度環景。

### 壹、前言

戰車為地面作戰決勝兵種，第 4 世代戰車除提升火力加大主砲口徑、增加砲射飛彈及優化彈藥侵澈力)，多樣動力系統選擇如柴油、燃氣渦輪、油電混合及純電力、防護力以複合裝甲為基礎，增加水平及垂直方向主動防禦系統，數位化指管與環周影像系統，使戰車在閉艙環境中，變成耳聰目明。然而戰車操作安全性依然面臨嚴峻挑戰，特別是在城鎮聚落複雜環境中執行戰演訓任務，舊式戰車駕駛在閉艙下對外觀察裝備為潛望周視鏡，夜間使用 AN/VVS-2 星光夜視鏡，如此的設計造成戰駕士的視野受到極大限制，如不加裝後視鏡，側面與後方永遠是戰車視野盲點，戰駕士運用開艙目視、閉艙潛望鏡及夜間星光夜視鏡 3 種方式觀察戰車周圍環境，盲區與死角在平時可藉由車長或副車長下車指揮，夜間及複雜地形與上、下拖板車必要時由兩位於戰車前、後同步指揮，但

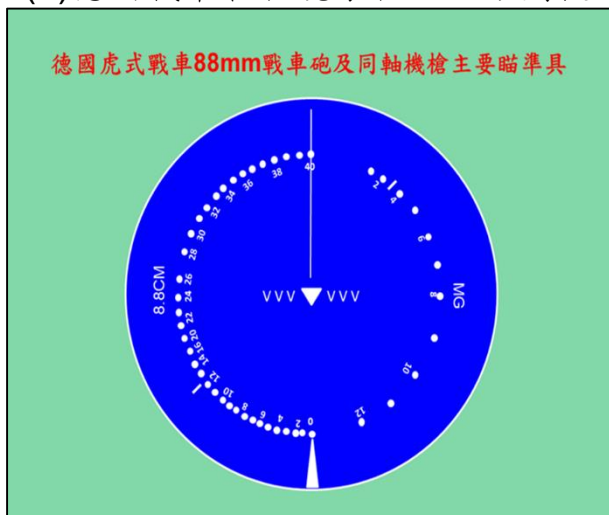
近期本軍恢復履帶型戰鬥車輛行駛於營外道路，執行作戰計畫驗證、戰備偵巡及實兵操演等戰演訓課目，迭有肇生擦撞民車、撞毀燈桿及交通號誌等事故，由交通警政部門釐清責任歸屬，但主要還是戰車因封閉式裝甲覆蓋設計，不如一般汽車加裝環周玻璃與後視鏡，近來汽車導入多樣性輔助環周影像及警示系統，使汽車行駛安全性大幅提升。為改善戰車視野盲點與死角，加裝 360 度環景監控及警示系統，藉由影像及聲響提供戰駕士無死角全方位視野，有助於提升戰車行駛及操作安全性，進而減少事故肇生，確保每一次戰演訓任務都能達成「零傷亡及零事故」安全要求。

## 貳、戰車行駛危安因素分析

戰車裝甲防護力，為能抵禦槍砲及破片攻擊，將裝甲披覆範圍最大化，相對犧牲戰車乘員對外視野，閉艙之後只能靠潛望周視鏡與射擊觀瞄系統察看外界景象及搜索瞄準目標，第二世界大戰(以下，簡稱：二戰)各國戰車都沒有裝配車長瞄準具，當使用主砲接戰時，車長必須開啟艙門以望遠鏡搜索目標，並使用水平與垂直刻劃，實施目測測距，接著下達射擊口令，射手覆誦確認距離，將目標瞄準於管狀鏡距離分劃刻線上，當時管狀鏡主要德製環型式與其他垂直式兩種，(如圖 1)，<sup>1</sup>而戰駕經車內通話聽從車長命令操作車輛運動，因此戰車車長在歷次戰爭中傷亡率居高不下。

圖 1-環形式與垂直式管狀鏡分劃

(1)德國戰車管狀鏡環狀距離分劃板



(2)英美戰車管狀鏡垂直距離分劃板



(1)資料來源：同註 1，裝甲兵季刊編輯部繪製。

(2)資料來源：裝甲兵季刊編輯部繪製。

### 一、視野盲點與死角：

戰車駕駛艙裝設 3 具潛望周視鏡，閉艙時可察看前方 10 公尺外 135

<sup>1</sup> 小林源文著，許嘉祥譯，《魏特曼戰紀 1943-新編》，(台北市：蒼壁出版有限公司，2021 年 1 月)，頁 62。



度範圍，左右仍有 22.5 度為觀察死角，開艙則為前方 10 公尺外 180 度，兩側方閉艙時為全死角，開艙必須加裝影像防震動後視鏡，才能消除視野死角，後方不論開、閉艙均為死角，(如圖 2)，這些無法通視盲點與死角，平時可在無敵情顧慮下可開艙駕駛，並在車長及裝填手協助下，察看兩側接近車輛及行人，適時予以警示，維護戰車機動安全。

圖 2-戰車視野盲點及死角位置



資料來源：筆者整理加繪限制區

戰時複雜多變作戰環境中，閉艙戰鬥駕駛視野盲點增加，車長(艙門潛望周視鏡及熱像儀延伸鏡)、副車長(管狀鏡、白晝鏡及熱像鏡)、裝填手(單具艙門全周旋轉潛望鏡)及戰駕士(3 具潛望鏡及夜間星光夜視鏡)，砲塔室內乘員視野有限，難以支援戰駕士機動，以車長車內通話予以適時指揮，由於視野判斷難度增加，戰駕士無法全面掌握周圍情況，容易發生碰撞及導致操作誤失，對於隨伴步兵與協同作戰戰鬥車輛，輕則擦撞，重則攀爬輾壓導致人員傷亡及裝備毀損，在缺乏足夠的視覺輔助技術情況下，戰駕士面臨著極大的心理壓力，每一次誤判或反應不及都有可能導致嚴重的安全事故。<sup>2</sup>視野盲點促使戰車必須配備更先進的視覺輔助技術，協助駕駛士有效感知戰車周圍的環境，輔助技術能夠減少因視野盲區所帶來的風險，特別是在快速機動作戰或遇到突發狀況時，能作出迅速而正確的反應。

<sup>2</sup> 高峻榮，《戰車安裝環景系統之研究》，(新竹縣，裝訓部，裝甲兵季刊第 273 期，2024 年 09 月 15 日)，P63-94。

## 二、戰駕不聽從指揮：

本軍戰車肇生擦撞意外、上拖車肇事、墜溪翻車及撞傷官兵等情，經檢討，不聽從指揮為肇因之一。戰車安全機動首要在於聽從車長指揮，而非相信自己操作直覺，在無法確認車身狀態，採用錯誤駕駛方式，如三軍聯訓基地網紗溪戰車墜溪翻覆，戰駕士為將部分偏移至橋面外戰車回正，正常僅需排入倒車檔，將突出橋面右履帶回正即可，但卻自作主張排入空檔，使用原地轉向，讓透空低於橋面履帶成為槓桿原理的支點，轉動瞬間戰車翻落倒覆於溪中，至砲塔室內乘員全數死亡。又某旅於坑子口山實施基地期末戰力射擊，射擊課目結束後，因道路狹小，依規定裁判官管制人車分時、分流返回第一射擊台，在確認徒步人員均已返回，戰車始可機動，然肇事戰駕卻不聽從管制，未獲機動命令即獨自駕駛戰車返回第一射擊台，途中遇同營徒步官兵，亦未遵守裝甲兵機動原則：「車讓人、大讓小及履讓輪」，擦撞造成 1 死 4 傷慘劇。

## 三、未注意周遭環境：

現役戰車普遍採用潛望鏡作為主要的視野輔助工具，但其視野範圍和性能存在顯著的侷限性，潛望鏡的視角固定觀測範圍有限，使得駕駛士無法靈活觀察周圍環境，尤其在狹窄道路或複雜機動時，面臨極大風險。<sup>3</sup>潛望鏡對光線的依賴性也導致其在夜間或低光環境中效能下降，無法為駕駛士提供清晰的視覺，致使駕駛士無法充分掌握周圍環境，進而影響戰術判斷和反應速度。<sup>4</sup>尤其本軍主要訓場道路為抗戰鬥車輛接地壓力，通常採用 3,500 吋/磅以上鋼筋混凝土鋪設，因造價昂貴無法以雙向車道鋪設，如某旅於將軍山訓場實施基地訓練，戰車機動至操課場地與另一進訓單位悍馬車會車，如按前述原則，戰車應停止並指揮悍馬車通過，若為順向車長會先以車內通話告知戰駕士停車，在下車察看以慢速指揮戰車通過，若無法通過則請悍馬車移動至安全位置則戰車續行前進，結果造成「戰車輾悍馬 會車擦撞 1 死 4 傷」的事件中，<sup>5</sup>因戰車車長及駕駛士無法全面掌握周圍環境，導致與悍馬車發生碰撞，最終造成 1 死 4 傷的訓練失慎事故。此事件凸顯現有視覺輔助技術無法滿足戰車在狹窄道路中安全會車需求，因此，駕駛士在

<sup>3</sup> ELBIT SYSTEMS，〈IronVision〉，[https://elbitsystems.com/media/IronVision\\_1\\_Web.pdf](https://elbitsystems.com/media/IronVision_1_Web.pdf)，檢索日期：2025 年 2 月 12 日。

<sup>4</sup> 李思平，〈【韜略談兵】鐵視顯像頭盔 看穿裝甲零死角〉，自由時報，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1645789>，檢索日期：2025 年 2 月 12 日。

<sup>5</sup> 王涵平等，〈戰車輾悍馬 會車擦撞 1 死 4 傷〉，自由時報，<https://news.ltn.com.tw/news/society/paper/595310>，檢索日期：2025 年 2 月 12 日。



多種環境中操作時面臨視野受限、操作難度和事故風險的問題，亟需新技術手段改善此現狀，提供更全面的視覺輔助，保障戰車行駛和作戰的安全。

#### 四、小結：

為了解決現有戰車行駛時的視野盲點問題，援用汽車環景與預警系統，拜數位科技之賜，原本前述為輔助行車安全系統，反替代傳統後視鏡，成為「智慧數位後視鏡」，原本的鏡片換上螢幕；但也有部分國家及地區要求，必須保留兩側後視鏡為光學式，防止電力消失或系統故障，無備援設施可資運用，以色列的 IronVision 系統在戰車外部安裝多部數位攝(路)影機，將外部影像進行拼接整合，全周影像顯示於頭盔顯示器，讓駕駛士即時觀察到外部的全景視野，無論是在白天、夜晚還是惡劣氣候下，<sup>6</sup>系統的高解析度提供清晰視覺影像，對於戰車安全行駛至關重要。鄰車接近、前方碰撞、視覺死角及倒車警示系統，藉由影像、燈號及聲響，提醒駕駛可能遭遇的危機，這些結合數位、網路傳輸、計算機運算與光電技術，智能化判斷危機狀況，部分結合強制剎車或禁制操作系統，未來在戰車上也會出現，但基於戰鬥間功(性)能要求，與一般汽車不一樣地方，戰車必須裝設強制解除裝置，以肆應戰場多變環境需求。

#### 參、戰車機動安全輔助系統需求

目前汽車安全駕駛輔助環景系統，主要還是以感光耦合元件(以下，簡稱：CCD)為主的數位攝影鏡頭，雖不若互補式金屬氧化物半導體(以下，簡稱：CMOS)具備高解析度與高畫質，因其價位相對低廉、傳輸封包小、可於較窄頻寬傳輸及影像擷取與拼接，透過專用計算機進行高速運算、整合及無縫整合為 360 度全景視角影像，仍持續運用於監控、環景及街道攝影系統，可於液晶顯示器(Liquid-Crystal display, 簡稱：LCD)播放切換全景或個景放大畫面，或鏈結戰車乘員頭盔顯示器(Helmet-mounted Display, 簡稱：HMD)，使戰車獲得電子透明化全景影像，次世代戰車透過戰場管理系統(Battle Management System, 簡稱：BMS)將砲塔與駕駛艙資訊整合維互通式，車長可以讀取駕駛儀表板資訊，駕駛也可以讀取砲塔指向與電子羅盤，當切換至作戰共同圖像(Command of Picture, 簡稱：COP)畫面可以得知友鄰位置，在多重數位安全輔助設備協助下，戰車機動安全性將大幅提升。

<sup>6</sup> 王光磊，〈以色列閃電戰車搭載 AI 強化戰場覺知能力〉，(台北市，自由軍武，2024 年 10 月 13 日)，  
<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1617123>，(檢索日期：2025 年 2 月 12 日)。

## 一、CCD 攝影機：

為了解決戰車在行駛過程中所面臨的視野盲點問題，環景系統研發以多個 CCD 攝影機攝取環周影像。CCD 攝影機提供清晰的影像，並可在不同環境條件下穩定運作，攝影機安裝於戰車車頭、車尾及兩側，藉由多角度的攝影鏡數位處理將環周影像化播放於駕駛艙 LCD 或 HMD，使戰駕士視野無盲區及死角。使其對周圍環境有更清晰的了解，戰車進行城鎮作戰、狹窄道路行駛，或在複雜地形中機動時尤為重要，能協助戰駕士更精確地判斷周圍的障礙物和環境狀況，減少事故發生的可能性。

## 二、環景影像整合：

環景系統核心技術-多鏡頭協作(Mult-Lens Collaboration, 簡稱：MLC)，<sup>7</sup> MLC 將多個 CCD 攝影機鏡頭，透過有無線網路或藍芽將個別影像以數據封包，傳送至專用計算機以高速圖像同步多工處理，將戰車周圍的影像無縫拼接並即時傳送至 LCD 或 HMD。涵蓋範圍必須廣泛，以最大程度覆蓋戰車周圍的視野。每個攝影鏡頭的視角通常設計為 120 度到 150 度之間，以確保多個攝影機之間的畫面可以相互重疊，達到全方位無死角的環景效果。這種設計能夠保證駕駛士在任何方向都可以清楚看到周圍環境，以減少視野盲點。搭配高效的影像處理晶片和傳輸技術，必須低於 100 毫秒(毫秒為 1/1000 秒)延遲時間內，將各攝影機拍攝的影像傳遞至戰駕士顯示器，以確保駕駛士能即時了解車輛周圍的動態環境；另戰車車內外網路連結以有線光纖為為首選，因可抗干擾及避免電磁波或機械共振問題，傳遞速度更快，訊號穩定，成像效果亦佳，有環景 CCD 系統挹注戰車進行接戰或道路機動時，讓戰駕士能察看車外即時影像，同時遵從車長指揮。兩者結合使戰車機動安全相得益彰。本項技術的應用已經在部分車輛如 CM-33 步兵戰鬥車上進行測試，<sup>8</sup>其結果顯示使用 CCD 可見光攝影機的環景系統能有效減少駕駛士的視野盲點，並且提高操作的安全性，證明了環景系統運用在軍用車輛中的可行性，並為推廣應用奠定基礎。

## 三、戰場管理系統

BMS 內建 COP、全球定位系統(Global Positioning System, 簡稱：GPS)、電子羅盤(Electronic Compass)、主砲方向指示器、UTM 及經緯度雙模座標在車長、戰駕士及副車長，三者 LCD 可相互流通運用，使用時僅需切換

<sup>7</sup> Aibot · 〈什麼是 360 環景？汽車工程師帶你徹底了解！〉·

<https://www.drivinginstruct.com/%E4%BB%80%E9%BA%BC%E6%98%AF360%E7%92%B0%E6%99%AF%EF%BC%9F/> · (檢索日期：2025 年 2 月 12 日)。

<sup>8</sup> 同註 1。



畫面即可運用不同系統，以往駕駛艙與砲塔室處於隔離狀態，從車內通話進步到 BMS，環景系統全景畫面不僅能運用於戰車機動，砲塔室乘員切換至環周全景畫面，可迅速判斷威脅來源與種類，採取反應或反制措施，以確保任務的成功和人員的安全。美軍 M1A2E3(Abrams X，如圖 3)，<sup>9</sup>更進一步將 3 位乘員(採無人砲塔及自動裝填，減編裝填手)，集中於駕駛艙採橫列式座艙，由左至右為射手、戰駕及車長，必要時兩位乘員即可作戰，雖橫列集中但各席位系統互為流通，指管訊息下達更明確快速。

圖 3-美軍 M1A2E3 戰車



資料來源：同註 9，(檢索日期：2025 年 04 月 22 日)

#### 四、導入預警系統：

戰車區分環境、水平及垂直威脅、化生放核及火災與射源預警系統，而與戰車機動安全直接有關者為環境及火災預警系統，前述 CM33 僅導入 CCD 環景監控系統，但後續研製與開發車型在 CCD 攝影鏡頭加上雷達距離警示器當其他車輛或障礙物接近會以 3.5、2、1 及 0.5 公尺 4 段警示聲響，計算機資料庫主動比對近接物體，於 LCD 顯示光影輪廓並發出警告聲，上圖 M1A2E3 以加裝 M230LF30 公厘雷達導引鏈砲，自動擊落無人機，水平威脅模組化主動防護系統(Active Protection System, 簡稱：APS)，攔阻反裝甲及火箭彈攻擊，火災預警系統結合動滅火機與煙塵、閃光及熱源感測器主動釋放滅火劑，撲滅火源，預警功能利用影像分析技術自動檢測周圍的障礙物或潛在危險，並以聲響或視覺標示提醒駕駛士，輔助功能提高戰車機動安全

<sup>9</sup> 江飛宇，〈美軍下一代坦克「艾布蘭 X」亮相，內外已全面升級〉，(台北市，中時新聞網，2022 年 10 月 09 日)，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20221009002799-260417>，(檢索日期：2025 年 04 月 22 日)。

性，但畢竟戰車是為作戰而生，預警與抑制系統必須區分平時與戰時使用，當戰時必須破障或於複雜城鎮聚落中，從事縱深據點群作戰，若以環境預警而言平時若偵測到人員，則須採取避讓，但戰時可能是敵人散兵戰車於近接戰鬥槍砲射擊死角，則直接將其輾斃，預警及抑制系統在戰時部分功能必須關閉此一設計絕不可少，否則影響戰鬥效能。

#### 五、輔助電力系統：

第 3 世代戰車由於加裝光電觀瞄、預警系統、戰場及熱管理系統(Thermal Man-agement System, 簡稱：TMS)，<sup>10</sup>加上原有無線電必須保持開機狀態，M1 初期解決方案為加裝 6 顆輔助電瓶，供砲塔室專用，而原 6 顆電瓶則供啟動與燈光系統，兩者都必須由發電機充電，而 M1 戰車啟動 AGT-1500 燃氣渦輪引擎為電瓶充電時，必須按下戰術怠速鍵(TACTICAL EXE)，將發動機轉速降至 1,200-1,400 轉/分，<sup>11</sup>否則發動機會因高轉速產生高溫而引發火災，頻繁的啟動發動機為電瓶充電，除增加油耗，高溫排廢熱輻射與聲響，將使戰場匿蹤效果降低。而解決方法加裝輔助電力系統(Electrical Auxiliary Power Unit, 簡稱：EAPU)。<sup>12</sup>同時為解決鉛酸電瓶電量、極板壽命及電瓶液須以毒化物回收等問題，本軍已委請第二〇二廠生產高效及抗槍擊防燃鋰鐵電池，與鉛酸電瓶相較電力續航時間增加 120%，在靜伺狀態可連續使用 4 小時；另增設電力分配系統(Power Distribution System, 簡稱：PDS)，透過本系統區分高耗電(HI-POWER)及低耗電(LO-POWER)兩組迴路有效管理分配電力使用，並將發電機發電量提升至 650 安培，戰車在不啟動引擎(發動機)狀況下可使用高效鋰鐵電池或 APU 供電交替使用，環周監控系統等可電力驅動設備，可全天候開機，電力供應無虞。

#### 六、小結：

戰場環境惡劣，交戰區煙硝四起，產生高溫、沙塵、煙塵及種種令人不快氣味與巨大爆炸聲響，環景系統中的 CCD 攝影鏡頭而言，隨時會沾染髒污，鏡片遭汙染影響影像的清晰度、系統的穩定性和設備的壽命。因此，本軍已請軍備局及中科院於攝影基座加裝高透視度全罩式強化鍍膜玻璃罩，將其全包覆，使鏡片不會直接沾染塵灰髒汙，玻璃罩若遭沾染髒汙，以類汽車擋風玻璃加壓噴水頭實施應急清洗，待戰鬥間隙，由乘員以清水、玻璃清潔液、空氣刷及拭鏡紙完成清潔。

<sup>10</sup> 李思平，黃峻民，《戰車部署 2020》，(台北市，尖端科技軍事雜誌社，第 393 期，2020 年 01 月)，頁 17。

<sup>11</sup> 同註 10，頁 39。

<sup>12</sup> 同註 10，頁 18-19。



城鎮作戰的特點是道路區塊化、寬窄不一、建築物密集、視野受限，但城鎮作戰對於防禦的一方具有「先處戰地」優勢，戰駕士可於戰鬥整備階段針對城鎮據點間急轉彎、狹窄路段及預選主要(預備及輔助)陣地完成偵察，進入應急作戰階段，部隊機動至戰術位置後，即完成不可見光標示，可藉由戰車熱像鏡(Tank Thermal Sight, 簡稱：TTS)察看，協助戰駕士掌握戰車周圍環境。而環景系統 CCD 攝影鏡頭無法拍攝夜間低光度環境，但科技來自於需求，如提升至 CMOS 等級鏡頭加上高色溫補光，環景系統可以達成全天候使用目標，現今臺灣道路及環境監控系統也逐步換裝 CMOS 全天候攝(錄)設備，技術將來亦可移轉至戰車環景系統。

#### 肆、車裝與單兵環景系統

環景技術在軍用駕駛車輛中的應用日益增多，不僅改善戰駕士視野，提升機動安全與效率。環景技術通常結合多個攝影鏡頭和先進的影像處理技術，提供 360 度的視覺影像，車裝環景系統為戰鬥車輛配備之一，車輛本身有引擎帶動的發電機與貯存電力的電瓶，先天隨裝電力問題可獲解決優勢，通常先以發展車裝系統為主；另一主因為裝甲戰鬥車輛為金屬裝甲板全包覆，無法通視車輛外部周圍景觀對於環景輔助系統迫切性高於單兵，但單兵若想要獲得戰場覺知，通常要藉由戰鬥儀台提供影像數據，傳送至單兵 HMD，如此設計可輕量化步兵負擔，亦可保留肉眼或光電偵蒐裝備功能，但特種作戰單位則在執行機密重要任務，如美軍海豹特遣部隊於巴基斯坦狙殺賓拉登行動，每位官兵都加裝攝影機於防護頭盔之上，並提供最大傳輸資源，讓遠在白宮地下戰情室美國總統歐巴馬及國安與軍情首長掌握即時影像，確認任務成功，此為特殊案例，步兵排小部隊可以如此做法，若想擴大至師、旅級那是不可能作到，以下分就以以色列穿透鋼鐵視覺-車裝(Iron Vision, 簡稱 IV)系統與美國整合視覺增強系統-單兵(Integrated Visual Augmentation System, 簡稱：IVAS)，分述如後：

##### 一、以色列 IV 車裝系統：

以色列(以下均稱：以國)Elbit Systems 公司開發的 IV 系統，一般車用環景系統，將外置 CCD 攝影機拍攝影像傳經整合，即時傳送至 LCD，IV 系統則傳送至乘員 HMD，其核心技術結合多光譜感測器陣列(Multispectral Sensor Array, 簡稱 MSA)<sup>13</sup>與擴增實境(Augmented Reality, 簡稱：AR)，將車輛外部 360 度環景影像即時投射至乘員的 HMD。本系統具備 360 度全景

<sup>13</sup> 宏惠光電·〈一文讀懂光譜、多光譜、高光譜技術〉·(桃園市：惠宏光電股份有限公司，2021 年 07 月 20 日)·<https://www.unice-eo.com/news/%E7%9F%A5%E8%AD%98%E4%B8%80%E6%96%87%E8%AE%80%E6%87%82%E5%85%89%E8%AD%9C-%E5%A4%9A%E5%85%89%E8%AD%9C-%E9%AB%98%E5%85%89%E8%AD%9C%E6%8a%80%E8%A1%93>·(檢索日期：2025 年 04 月 23 日)。

影像與視覺矯正技術兩大特點，但 360 度不可能同時呈現於 HMD，乘員必須轉動 HMD，視角範圍隨之改變，而視覺矯正則是乘員處於封閉式環境加上無法直接目視外界環境，加上 HMD 距離眼眶近，容易產生中樞神經失調，簡言之，即俗稱「暈車」現象。

#### (一)360 度全景影像：

在戰鬥車輛外部裝置多具高解析度攝影鏡頭，以拍攝 360 度的環境影像(含可見光、紅外線與熱成像)，可全天候使用，使用影像拼接技術與低延遲傳輸(延遲時間低於 100 毫秒)，將畫面無縫整合投射至 HMD，AR 顯示鏡片，但 AR 視角以人眼雙瞳距離換算視野約 120 度(在無放大或縮小視覺範圍)，HMD 如需查看側方必須轉動頭部，系統同步調整視角，模擬「直接透視車體」效果，視野畫面跟隨轉動，從而縮短反應時間，提升對戰場變化快速反應能力，IV 最遠距離可以捕捉到 150 至 300 公尺移動車輛、敵方位置、與目標座標，<sup>14</sup>從而加速乘員的正確判斷能力。另外，該系統還具備夜視和熱成像功能，晝夜、煙霧或沙塵環境下均可運，都可以提供清晰的視覺訊息，進一步提升操作靈活性與作戰效率，(如圖 4)。<sup>15</sup>

圖 4-乘員使用 HMD 察看裝甲車輛外部狀況



資料來源：ELBIT SYSTEMS，〈IronVision〉，[https://elbitsystems.com/media/IronVision\\_1\\_Web.pdf](https://elbitsystems.com/media/IronVision_1_Web.pdf)，  
檢索日期：2025 年 2 月 12 日。

#### (二)視覺矯正技術：

<sup>14</sup> 空軍世界，〈梅卡瓦戰車兵將擁有「透視眼」可輕鬆透過裝甲觀察外部〉，<https://kknews.cc/military/53amxyk.html>，檢索日期：2025 年 2 月 12 日。

<sup>15</sup> 軍事評論，〈裝甲車輛所有權水平的根本變化〉，<https://zh-cn.topwar.ru/139811-novye-tehnologii-pozvolyat-kardinalno-izmenit-uroven-vladieniya-obstanovkoy-ekipazhey-bronirovannyh-mashin.html>，檢索日期：2025 年 2 月 6 日。



使用頭盔、穿戴及眼平夜視鏡，如未經先期訓練適應期，會產生暈眩，此一症狀來自於心理、中樞神經及中耳平衡失調，過去訓練戰駕士夜視鏡駕駛，先以頭戴式夜視鏡騎乘三輪腳踏車，讓他習慣非實景影像差異，在進階進入戰車夜視鏡基本駕駛訓練，經考核不會產生暈眩現象，才開始進入夜間戰鬥駕駛，拜科技之賜，IV 系統配備了先進的視覺矯正技術，這是一項專門為減少戰駕士與乘員在機動中可能產生的暈眩不適感而設計的功能。當戰車在越野地形或快速機動時，IV 使用視覺矯正算法，消除或減少由戰車顛簸和快速移動所引起的視覺失真感，進而減少暈眩症狀的發生。依據戰車的機動顛簸狀態調整即時影像，使得顯示器中的畫面與駕駛士的運動感知相吻合。這不僅有助於保持駕駛士的專注力，還能提高其在長時間作戰任務中的舒適度和操作效率。IV 不僅提供了全方位的視野覆蓋，並確保戰駕士在機動過程中的生理舒適性，提高裝甲車輛的作戰持久性和人員的戰鬥力，因此，IV 系統中的這些特性，對於本軍戰車環景系統的研發具有重要的參考價值，特別是在封閉戰車的視野擴展和乘員的舒適性方面。

## (二)美國 IVAS 單兵系統

IVAS 開發於 2018 年，目的是為了提升美國陸軍步兵部隊的戰場覺知能力。該系統的設計基於微軟的 HoloLens 技術，並經過多次測試和改進。2021 年 IVAS 進入試驗階段，並計畫在 2025 年前進行大規模部署。IVAS 最大優勢是能克服步兵在徒步作戰時，受限於友軍戰車阻擋產生視野死角的問題。通常，步兵在作戰時，依靠自己的眼睛與光學(電)望遠鏡觀察周遭環境。但在戰車附近作戰時，他們可以透過 IVAS 系統則能將戰車上的作戰資訊，如導航、情報、目標指示等，通過鏈路傳遞至步兵 HMD，換言之，將戰車上環景影像與偵感測與觀瞄系統，所獲影像資訊分享給隨伴步兵，提升步兵戰場覺知能力，同時反向回饋戰場情報予戰車，使步戰協同作戰結合更加緊密，執行搜索簡易爆炸裝置、偵察和攻擊等任務。以下列舉無人機與偵察部隊、戰車與步兵及步兵戰鬥車與遙控武器站，3 種 IVAS 運用模式。

### 1.無人機與偵察部隊：

無人機先起飛至任務地區實施空偵，將即時影像傳送給偵察部隊的 IVAS 顯示器，偵察部隊在將無人機所獲影像情資即時傳送給上級指揮官，有別於傳統以無線電語音傳輸，以監偵→導向→攻擊→戰果鑑定，持續情蒐與作戰循環模式，(如圖 5)。

圖 5-無人機與 IVAS 系統偵察行動協同



資料來源：同註 9，筆者整理標繪。

## 2. 戰車與步兵協同作戰：

隨伴戰車協同作戰步兵部隊，因應敵情威脅及戰況與戰車適時採用戰鬥隊形，交互掩護，使射擊與運動連繫，此時步兵 IVAS 即可使用戰車環景等系統，獲得即時影像，與戰車確定協同方式，達成任務，(如圖 6)。

圖 6-戰車與步兵協同作戰



資料來源：同註 9，筆者整理標繪。

## 3. IVAS 與遙控武器站：

使用車上環景等系統將影像傳送至遙控武器站，指示射擊目標，此種方式於是用於城鎮及綏靖作戰，官兵可隱身於堅固建物獲步兵戰鬥車，於遠端指揮遙控武器射擊，大幅降低被狙擊手擊中的風險，(如圖 7)。<sup>16</sup>

<sup>16</sup> 同註 2



圖 7-IVAS 與武器遙控站



資料來源：同註 9，筆者整理標繪。

### 三、小結：

IVAS 系統的關鍵價值在於有效彌補步兵裝備載具負荷問題，透過友軍地空儀臺裝設之偵感測器，接收目視外戰場景況，但亦可要求友軍提供所需指定戰場資訊，並結合單兵 HMD 或遙控武器工作站，增強步兵戰場覺知及整體作戰能力；連、排、班長應乎戰況，迅速完成判斷與下達指管命令，確保於複雜的戰場環境下，保護自身及友軍安全，有效執行多樣性(領域)任務，達成賦予之作戰任務。<sup>17</sup>

### 伍、次世代戰車戰場覺知與環景運用實例

隨著現代化戰爭其形態與戰場環境劇烈且瞬息萬變，帶動戰術與戰法持續轉變與調整，不斷影響戰車等軍事裝備研發與設計方向，以國梅卡瓦系列戰車以其獨特設計，在中東歷次區域衝突中立下汗馬功勞，加上戰利品主動防護系統(Thorpy)APS 加持下，成為防護力最強戰車，也曾經於黎巴嫩南部作戰任務中，戰利品 APS 創下對武裝民兵發射之火箭推進榴彈(Rocket Propelled Grenade, 簡稱：RGP)100%攔截率，但 2023 年「以哈衝突」中，梅卡瓦IV卻遭哈瑪斯無人機垂直頂攻擊毀，讓以國軍備部門下令提升梅卡瓦戰車性能。

德國豹 2 式系列已發展至 A8 版，其作戰能力與美軍 M1 系列堪稱為北約戰車部隊兩大支柱，同樣的新形態威脅出現，德國跳脫以往戰車設計窠臼，以 KF-51(德文原意為第 51 型研製戰車)為代名，以替代現有豹 2 式系列戰車，成為其國防軍次世代主力戰車。

美軍於 2018 年進入 M1A2SEP(System Enhancement Packet, 簡稱：SEP)V3 構改批次，美軍將本批次更名為 M1A2C，外銷軍售予中華民國(M1A2T)

<sup>17</sup> Integrated Visual Augmentation System PM IVAS, Program Executive Office Soldier, U.S. Army, 〈Integrated Visual Augmentation System PM IVAS〉, <https://reurl.cc/ZbErMI>，檢索日期：2025 年 2 月 12 日。

及澳洲(M1A2C)，後續續啟動 M1A2E 構改批次，因其重量已接近 72 噸，美陸軍遂以艾步蘭(Abrams X) 為代名，研製次世代主力戰車，其主要性能要求「無人砲塔、自動裝彈、水平及垂直主動防護、油電混合動力及智能化射控」，通用動力陸上系統(General Dynamics Land System, 簡稱：GDLS)於 2023 年公開其原型車，2025 年美軍正式定稱為 M1E3，進入量產階段，未來將分批取代現有 M1A2C 之前構型批次戰車，成為次世代美軍主力戰車。

雖然俄烏戰爭中戰車遭無人機攻擊後慘狀，被過度解讀、渲染與放大，但戰車仍為陸上作戰主要戰力，各國持續研製次世代戰車即為明證，提升其性能與作戰效能的增強尤為重要。在此背景下，環景技術的應用成為提升戰車作戰能力的重要手段之一。提供全方位視野，改善在危險及複雜環境中的感知能力，並提供即時、智能與輔助判斷功能，以下分就 3 款戰車研發重點與環景技術運用，列述如次。

#### 一、以色列梅卡瓦 5 型-閃電式戰車(Merkava-Mk V, Barak)：

##### (一)研發背景：

閃電式戰車以梅卡瓦IV型為基礎進行構改，整合先進感測系統與人工智慧(Artificial Intelligence, 簡稱：AI)技術，強化戰場感知與指揮控制能力，更適任於高強度戰場環境下作戰，執行攻擊、防禦及協同兵種與聯合軍種作戰能力，相較於以往重視水平方向與戰車乘員安全防護與戰車車裝武器準確快速接戰能力，閃電式戰車進一步強化數位化作戰與無人機協同，提升戰場適應性與任務運用靈活度，(如圖 8)。<sup>18</sup>

##### (二)研製重點：

閃電式戰車外觀與乘員配置沒有重大改變，研改重點如次。

- 1.採用新型射控與數位化戰場管理系統，將以軍過去較忽視的智能及自動化戰場指管系統補足。
- 2.AI 輔助射控系統，能自動識別與追蹤目標，加快射擊反應時間。
- 3.主砲維持 120 公厘滑膛砲，可發射多種彈藥(含砲射飛彈)，搭配新型穩定系統，以提升射擊精度。
- 4.整合新一代通信設備，能即時共享戰場資訊，強化協同作戰能力。
- 5.配備 Trophy 主動防護系統，可攔截水平及有限度垂直方向來襲威脅，同時強化車體裝甲，提升對抗動能與化學能穿甲彈防護能力。<sup>19</sup>

<sup>18</sup> 王能斌，〈【有片】以色列最新「閃電」戰車正式服役 AI 技術整合成亮點〉，

[https://www.upmedia.mg/news\\_info.php?Type=3&SerialNo=182759](https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=3&SerialNo=182759)，檢索日期：2025 年 2 月 12 日。

<sup>19</sup> 陳成良，〈以色列 Trophy 系統再進化！強化防禦無人機和飛彈〉，

<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4825479>，檢索日期：2025 年 2 月 9 日。



圖 8-梅卡瓦 MK V



資料來源：同註 18，檢索日期：2025 年 02 月 12 日。

### (三)環景裝置：

IronVision X-ray 系統可讓閃電式戰車在全閉艙狀況下，360 度全方位監看環景影像，系統採數據資料庫預存預地形、障礙物及敵我軍戰鬥車輛參數與智能輪廓及影像識別技術，能即時提供高解析度，近零延遲顯示經分析研判影像於 LCD，告知車長目標邀種類、特性、能力與數量及威脅程度；亦可將情資傳送至指揮所，運用高速計算機將所獲影像情報資料，經融合、比對，分析出為情報，分送至各情報需求單位，前後方均有自動處理與鑑別能力；減少人工識別負擔及誤失，並能與 C4I<sup>20</sup>資料整合，系統能夠即時收集、處理並傳輸戰場資訊，使指揮官和乘員能夠快速判斷與下達指管命令。<sup>21</sup> 另配備了紅外線(夜間)與光電攝影機(白天)，晝、夜間系統依光度自動切換外，並於戰車外圍架設 6~8 部 CCD 或 CMOS 數位攝影機，將即時影像傳送至 IronVision HMD，(如圖 9)。<sup>22</sup>

<sup>20</sup> C4I 是 Command, Control, Communications, Computers, and Intelligence (指揮、控制、通信、電腦與情報) 的縮寫，指的是一套綜合性的信息化作戰系統，旨在提升部隊的協同作戰能力與戰場感知能力。

<sup>21</sup> 同註 4

<sup>22</sup> J.D. Simkins, 〈This British Army tank comes equipped with X-ray vision〉, Military Times, <https://www.militarytimes.com/off-duty/military-culture/2020/01/24/this-british-army-tank-comes-equipped-with-x-ray-vision/>，檢索日期：2025 年 2 月 12 日。

圖 9-IV360 度無縫觀察周圍的環境



資料來源：grdkingdom，〈以色列研發 360 度 AR 戰車戰鬥頭盔〉，

<https://www.grdkingdom.com/2016/06/360-ar.html>，檢索日期：2025 年 2 月 13 日。

## 二、德國 KF51 黑豹(Panther)<sup>23</sup>

### (一)研發背景

KF-51 主力戰車為全新產品，由德國萊茵金屬公司(Rheinmetall)製造，以替代 1980 年代生產並持續構改之豹 2 式系列主力戰車，依據第 1 次波灣迄俄烏戰爭經驗總結，設計出獨樹一幟新式主力戰車，將豹 2 式空曠砲塔頂部(原僅裝設 1 挺 MG-43,7.62 公厘機槍)，裝上無人載具控制台，具備頂攻防護系統(Top Attack Protection System)、尾部遙控武器工作站及車長獨立觀瞄系統，射砲控及 BMS 採全數位化架構，BMS 通信協定規範符合北約通用化載具架構(NATO Generic Vehicle Architecture, 簡稱：NGVA)標準。

<sup>24</sup>NGVA 在確保北約成員國戰鬥載具能夠使用相同通信架構，透過網路交換資訊，避免異質整合，降低協同作戰效能，碩大砲塔為其外觀特徵，將次世代戰車所需設備裝好、裝滿，近期報價為 1,350 萬美元，為目前主力戰車造價最昂貴者，(如圖 10)。

<sup>23</sup> 李思平，〈德國 KF-51 黑豹戰車 依豹 2 式基礎改造 配備各式先進系統〉，

<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1566548>，檢索日期：2025 年 2 月 10 日。

<sup>24</sup> 紀永添，〈黑豹現身——現代戰爭中的主力戰車不一樣了〉，<https://today.line.me/tw/v2/article/2D1g3XO>，檢索日期：2023 年 2 月 8 日。



圖 10-KF-51 黑豹主力戰車



資料來源：Defense & Aviation，〈Panther KF51: this is the latest generation combat tank that will replace the Leopard 2〉，<https://reurl.cc/XZ8mm7>，檢索日期：2025 年 2 月 14 日。

## (二)研製重點：

KF-51 黑豹主力戰車設計著重增強戰場覺知、準確射擊及資訊化作戰能力，配備先進的環景監控與偵察系統，研製重點如次。

### 1.無人儀具控制站：

整合 HERO-120 偵攻無人機系統，(如圖 11)，巡航距離 60 公里，留空時間 60 分鐘，但一般執行 6-8 平方公里區域偵察與攻擊任務，提升戰車戰場偵察與遠距攻擊能力。獲取之影像立即時回傳車內顯示器，當電力耗盡或發現有利目標，自主選擇或由操控士執行攻擊。

圖 11- HERO-120 偵攻無人機系統



資料來源：軍事評論，〈KF51 Panther：Rheinmetall 新戰車的快速概覽〉，<https://zh-cn.topwar.ru/197810-kf51-panther-beglyj-obzor-novogo-tanki-ot-rheinmetall.html>，檢索日期：2025 年 2 月 14 日。

## 2.自動裝填：

乘員維持 4 員，自動裝彈機故障時，控制士可採人工裝填，維持作戰能力。

## 3.遙控武器站：

砲塔後方遙控武器站(Remote Controlled Weapon Station, 簡稱:RCWS)，(如圖 12)，汲取各國遙控武器設置經驗，以 7.62 公厘機槍作為主武器，使用光電全天候觀瞄系統，由車長透過螢幕，以遙控手柄射擊，系統與環景系統複式構連，提供環景固定鏡頭額外備用環周系統，提升戰場覺知能力。

圖 12-KF-51 遙控武器站



資料來源: : Armorama™ & KitMaker Network, 〈Amusing Hobby K51 Panther〉,

<https://armorama.com/news/amusing-hobby-k51-panther>, 檢索日期: 2025 年 2 月 14 日。

## 4.標準化通信協定：

KF51 採用 NGVA 規範的數據傳輸，支援目標偵測及跟蹤各項關鍵資訊 (如圖 13)，透過顯示器，指揮官、射手和駕駛在裝甲防護下執行任務，即時掌握車外環境，避免暴露在外遭攻擊，降低乘員傷亡風險。

圖 13-KF51 車載液晶顯示器



資料來源: : Defense & Aviation, 〈Panther KF51: this is the latest generation combat tank that will replace the Leopard 2〉, <https://reurl.cc/XZ8mm7>, 檢索日期: 2025 年 2 月 14 日。



## 5 先進觀瞄系統：

KF-51 配備車長穩定式光電瞄準系統(Stabilized electro-optical Sighting System-2P, 簡稱：SEOSS-2P)及射手電子增益主要瞄準具(Electronic main enhanced Sight-15, 簡稱：EMES-15)兩套瞄準具。

### (1)SEOSS-2：車長穩定式光電瞄準系統

KF51「黑豹」主戰戰車配備觀瞄準系統之一，為獨立全景光學瞄準系統，由車長操作，其功能與 M1A2 戰車配備之車長獨立顯示器(Commander's Independent Thermal Viewer, 簡稱：CITV)相似，使用多光譜攝影機系統，具備可見光與紅外線(熱成像)雙光電頻譜技術，無論白天或夜晚均可獲取清晰影像，低光環境以高色溫增強影像處理，確保惡劣天氣或煙霧遮蔽下仍能識別敵軍。雷射測距儀使用長波遠紅外線，測距誤差值為±0.1 公尺，透過 NGVA 戰場指管系統鏈結，可將測距數據(包含觀目距離、方位角及座標)，依需要傳輸至火力支援單位，並下達射擊任務，支援第一線戰鬥，測距成果匯入彈道計算機，自動補償修正主砲及同軸機槍彈道，確保車裝槍砲射擊精準度，(如圖 14，紅圈位置)。

圖 14-KF51- SEOSS-2P 及 EMES-15



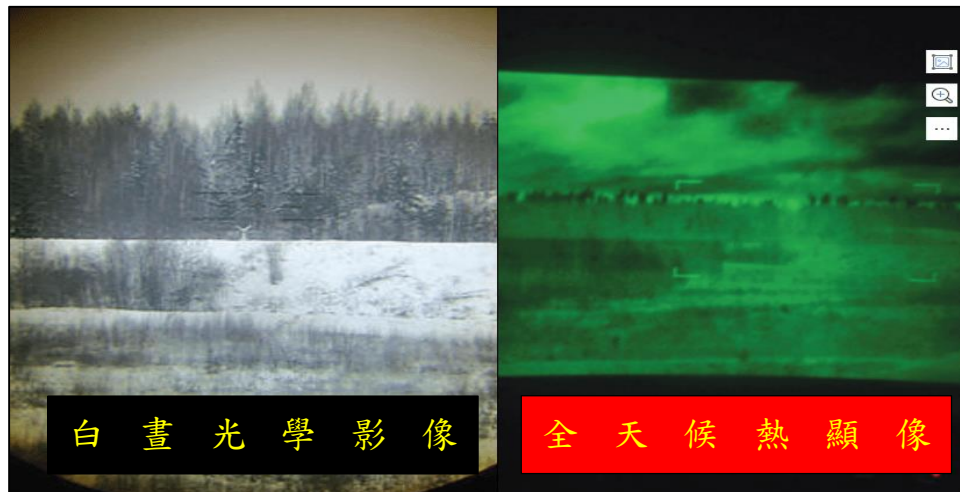
資料來源：Defense & Aviation，〈Panther KF51: this is the latest generation combat tank that will replace the Leopard 2〉，<https://reurl.cc/XZ8mm7>，檢索日期：2025 年 2 月 14 日。

### (2)EMES-15：射手電子增益主要瞄準具

為射手主要戰鬥瞄準具，配備日間光學瞄準具(不使用 CCD 或 CMOS 數位攝影鏡頭)具備 8 及 12X 兩種倍率；全天候使用為遠紅外線第 3 代戰車熱能成像儀(Tank Thermal Sight, 簡稱 TTS)，具備 2 及 12X 兩種倍率透過射控系統整合，可轉投影於車長 LCD，紅外線熱成像儀可在夜間、霧

霾與惡劣天候下清晰辨識目標，(如圖 14，黃圈位置)。射手亦可能夠透過 NGVA 指管系統，接收來自車長 SEOSS-2P、無人機及車外 6 個 360° 攝影機所獲影像數據，(如圖 15)。車長 SEOSS-2P 與射手 EMES 觀瞄系統，構連成一套互補相互支援及提供即時戰場影像。

圖 15- EMES 光學瞄準及紅外熱成像



資料來源：搜狐，〈德國第四代戰車比豹 2 更強：配無人機、攔截彈、「裝甲透視」系統〉，  
[https://www.sohu.com/a/685778015\\_121469977](https://www.sohu.com/a/685778015_121469977)，檢索日期：2025 年 2 月 14 日。

## 6. 武器系統：(不含煙幕彈及遙控槍塔)

### (1) 主砲：

130 公厘/52 倍徑滑膛砲，較前代 120 公厘/54 倍徑滑膛砲，發射砲彈初速可達 1,800 公尺/秒，侵澈力提升 45%，翼穩脫殼穿甲彈(APFSDS)可貫穿相當 850 公厘均質鋼(RHAe)裝甲板，有效射程為 3,000 公尺。

### (2) 同軸機槍：

使用 12.7 公厘 M2 系列伯朗寧重機槍，彈藥為 12.7X99 公厘北約標準通用彈藥，可發射穿甲(侵澈力為相當 50 公厘均質鋼(RHAe)裝甲板)、曳光、燃燒及普通彈，有效射程為 1,000 公尺。

## (三) 環景裝置：

### 1. 內嵌式攝影機：

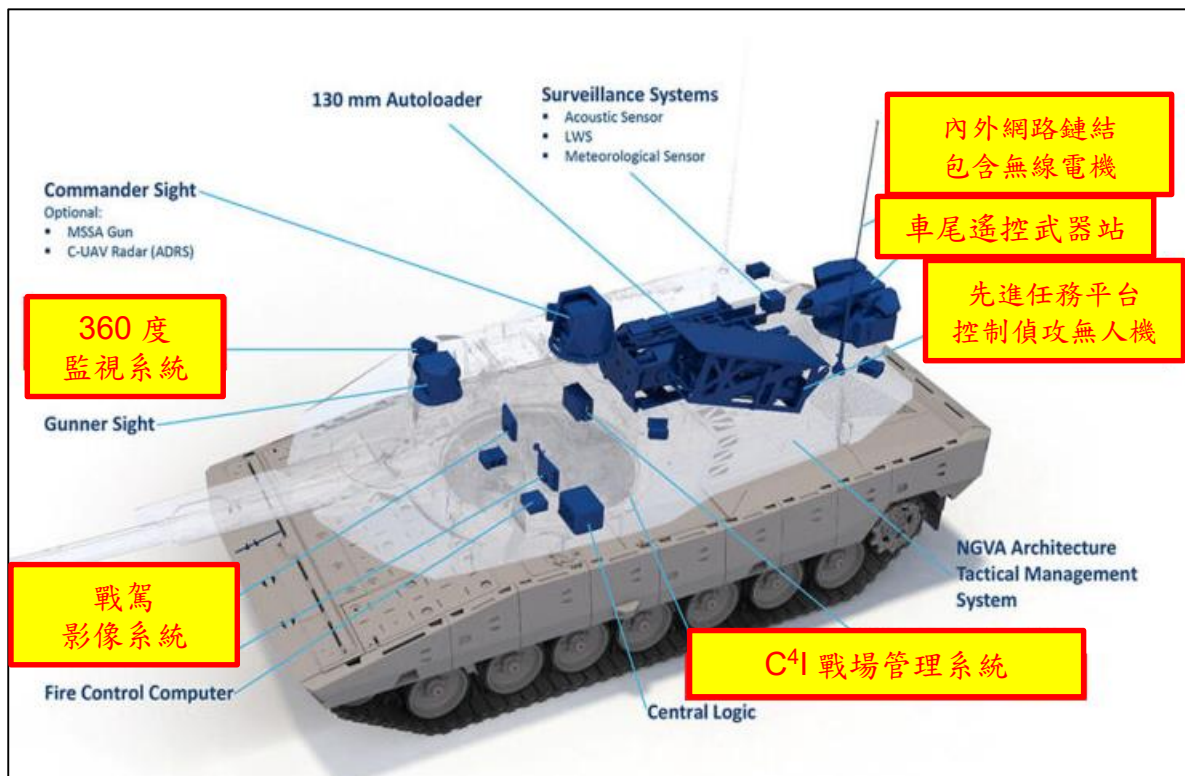
KF51 車體和砲塔四周裝置 10 具內嵌式攝影機，其中 4 個安裝於底盤，6 個設置於砲塔，與車內的數位化顯示系統相連，構成完整的 360° 無死角監視系統，攝影機能夠提供多方位的戰場監視，涵蓋乘員視野盲區，確保在複雜作戰環境中，能夠即時獲取周圍即時影像。系統可自動融合多具攝影機畫面，透過影像處理技術提升畫面清晰度與目標識別能力，使乘員能更準確掌握戰場狀況；此外，攝影機模組與感測器整合，可支援目標自動追蹤與威脅預警，提升作戰效能與戰場存活能力。



## 2.指管通資情系統：(Command Contrtl Communication Computer & Intelligence.,簡稱；C<sup>4</sup>I)

C<sup>4</sup>I 夠即時整合所有環景感測數據，(如圖 16，示意圖)，確保戰車內部與友軍能夠共享完整戰場資訊，系統透過數位化通信網路，將來自車載攝影機、無人機、雷達與其他感測器的資訊進行處理與融合，並即時傳輸至戰車內部顯示器並回報上級，同步掌握戰場景況。

圖 16-KF51 全方位感測系統



資料來源: Thread Reader, 〈kf51 partner〉, <https://reurl.cc/6jmqR5>, 檢索日期: 2025 年 2 月 14 日。

## 三、美國 M1A2 E3：

### (一)研發背景：

美軍於 2018 年啟動 M1A2SEPV3 批次構改，復因簡化裝備名稱，遂改稱為 M1A2C，併案外銷軍售中華民國與澳洲計 183 輛，後續構改啟動 M1A2D 因樣車重量已超過 70 噸，加強裝甲與沉重包件，讓 AGT-1500 燃氣渦輪引擎發動推重比下降至 21:1，影響機動性，極速降至 60 公里/小時，加上俄烏戰爭影響，雙方以無人機垂直頂攻戰車砲塔頂薄弱處，貫穿後引發彈藥殉爆，瞬間將戰車解體等因素影響 2022 年中止研發，2023 年美軍委由 GDLS 以 M1 戰車為基礎，啟動代名為「Abrams-X」次世代主力戰車開發計畫，2023 年公開展示灰色塗裝樣車，砲塔完全為新製品，120 滑膛砲前方加裝砲口制退器(Muzzle Break) 加裝彈橋式自動裝彈機，乘員併列橫坐

於駕駛艙，2024 年美軍正式定稱為 M1E3，<sup>25</sup>(如圖 17)。

圖 17-美軍 M1E3



資料來源：同註 25，檢索日期：2025 年 04 月 30 日。

## (二)研製重點：<sup>26</sup>

### 1.砲塔室無人化：

乘員移至駕駛艙，(如圖 17，綠圈位置)，減編裝填手，裝設彈橋式自動裝彈機與改良式防爆彈艙，車長或射手僅需輸入彈種，智能手臂由彈藥資料鏈(Am-mo Data Link,簡稱：ADL) 控制，自動取彈及裝填。

### 2.主動防護系統：

#### (1)水平方向：

戰利品 APS，(如圖 17，藍圈位置)。

#### (2)垂直方向：

M230LF,30 公厘平、高兩用鏈砲附相位陣列雷達導引，(如圖 17，紫圈位置及圖 18)。

圖 18-M230LF 裝設於聯合輕型戰術輪車(非 M1E3 戰車配備型)

<sup>25</sup> 天平阿棟，〈美國陸軍：將推出 M1E3 Abrams 戰車〉，(新北市，痞客邦，2024 年 11 月 30 日)，<http://adf20021021.pexnet.net/blog/post/5777234736>，檢索日期：2025 年 04 月 30 日)。

<sup>26</sup> 陳治程，〈集歷代大成再進化，美陸軍宣布升級 M1A2 為 M1E3〉，(台北市，自由軍武，2023 年 09 月 07 日)，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4412226>，(檢索日期：2025 年 05 月 05 日)。



資料來源：同註 25。

### 3.全數位化觀瞄：

取消射手白晝光學瞄準具與固定潛望觀瞄接物鏡總成，改為與車長 CITV 相同模組，(如圖 14，紅圈位置)。

### 4.油電混合動力：

使用卡特皮拉-C12(Caterpillar,C12)1,000 匹馬力柴油引擎加 500 匹電動馬達，綜效馬力為 1,500 匹，成為首採油電混合動力之次世代主力戰車。

### 5.降低複材重量：

因複合裝甲各國皆列機密，無從探知，依據 GDLS 公布數據 M1E3 重量降至 50 餘噸，得力次世代進化裝甲(Next Evolution Armor,簡稱：NEA)，提供輕量化強韌裝甲防護力。。

### 6.主要武器系統：(不含遙控槍塔及煙幕彈發射器)

#### (1)主砲：

XM360,120 公厘滑膛砲附砲口制退器，(如圖 17，黃圈位置)。。

#### (2)同軸機槍：

改為 M2,12.7 公厘重機槍。

#### (三)環景配備：<sup>27</sup>

M1E3 次世代主力戰車，於 2025 年獲美陸軍批准量產，戰場覺知系統包括 8 具環景 CMOS 全天候攝影機，垂直與水平 APS 及以色列授權授權生產透視鋼鐵系統(Iron Vision,IV)，獨立熱像顯示器(Independent Thermal

<sup>27</sup> 同註 26。

Viewer,簡稱：ITV)車長及射手各 1 具，偵(感)測與環景影像可投射於三位乘員 HMD，進入接戰狀態可關閉 HMD，除戰駕外餘使用 LCD 作為精確戰鬥瞄準，以下就環景影像及偵(感)測器等設備，分述其戰場覺知能力。<sup>28</sup>

#### 1.環景攝影機：

於戰車外環周裝置 8 具內嵌式 CMOS 攝影機，每具涵蓋 120 度，使每側有 60 度重複覆蓋範圍，影像擷取經協作後製，形成全景影像，傳送至 HMD 或 LCD 顯示。

#### 2.垂直主動防護系統：

配備 M230LF,30 公厘雷達導控鏈砲，對空模式採自動接戰，以空炸、感炸或近炸三模式，構成對空火網，摧毀來襲無人機及低空飛行器。對地則以車長操控握把射擊，亦可協力 APS 摧毀水平方向來襲反裝甲火箭及飛彈。

#### 3.水平主動防護系統：

採用以色列授權生產知戰利品 APS，將外置式相位陣列雷達與雷射測距儀改為模組化，密封包覆於砲塔裝甲層內，對水平方向來襲之威脅，反應時間小於 1 秒(約 600-800 毫秒)內完成反制及摧毀，確保戰車安全。

#### 4.透視鋼鐵系統：

參閱伍、次世代戰車發展與環景實際應用，一、以色列梅卡瓦 5 型-閃電(Merkava-Mk V,Barak)，(三)環景系統。

#### 5.獨立熱像顯示器：

M1E3 突破以往戰車乘員設置布局，觀瞄系統亦作大幅度修正，車長與射手席位調整於駕駛艙兩側，砲塔頂上左、右各 1 具 ITV，功能相同，可互為備援，亦可輪流擔任「獵、殲循環」。

M1E3 取消射手光學瞄準具，將戰車狀態、射擊資訊、戰場管理及環景影像整合於車長及射手 LCD，換言之，不論晝夜間皆以熱像鏡接戰為主，乘員僅需監看整合式 LCD，以功能鍵切換操作模式，如以往射手無法操控 RWS，現在與車長都可以操作，亦不用分心操作控制面板，所有資訊都顯示於螢幕或 HMD 上，若戰傷不及補充乘員，兩位乘員即可執行戰鬥任務，美陸軍預劃於 2027 年部署成軍，將成為首先採用第 4 代主力戰車國家。

### 陸、結語

戰車為多人組合透過乘員操作而形成全戰力，也隨著戰車數位與自動化程度愈高，相對的乘員數由 5-7 人降至 2-3 人，提升人機介面效率，戰車愈發耳聰

<sup>28</sup> 涂鉅旻，〈美陸軍參謀長下令紮宿醉新銳 M1E3 戰車最快在兩年後部署〉，· (台北市，自由軍武，2025 年 04 月 16 日)，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/5013434>，(檢索日期：2025 年 05 月 05 日)。



目明且智能化，操控介面程序簡化，達到快速接戰與機動安全為目標，整合多域協同作戰，戰車環景與覺知系統協同步兵、火力支援、無人機及電子戰單位，以COP整合戰力與分享即時情資，掌握機先摧毀毀多重威脅，克敵制勝。

人工智慧智能操作，未來戰車操控隨著無人載具發展與AI技術日趨成熟，美空軍「忠誠僚機」發展概念，即以載人戰鬥機任領隊，可帶1-3架無人機協同作戰，遇超過飛行員人體負荷任務，則交付無人機執行；另針對戰車駕駛操控，也可朝自動駕駛方向設計，計算機經過「機械學習與資料庫堆疊」，可演繹AI驅動控制突破傳統人力操作限制，透過即時影像立即判斷並調整駕駛方式，提升戰車機動安全。

M1E3透過增益型BMS可與友軍共享戰場資訊，包括即時敵情動態、友軍兵力位置與作戰計畫交換，新式無線加密網路擴充頻寬，增加路由途徑與鏈結網絡，保持不間斷且持續提供戰車接收與發送戰場資訊能力，且資訊封包容量可以容納更精細資訊，透過計算機AI分析提供車長判斷與決策參考；戰鬥機飛行員由抬頭顯示器(Head up Display, 簡稱HUD)，進化為HMD，不用再改變視線查看HUD或儀表，一切都在HMD上，AH-64E攻擊直昇機射手轉動頭部即可同步帶動30公厘鏈砲指向目標，戰車HMD將來也會取代LCD，以視線控制替代線傳操控。

戰車面臨多維威脅源，最近烏國無人艇出人意表在艇上加裝防空飛彈，擊落俄國戰機，即可說明敵方會想方設法摧毀對手戰車，全方位防護系統，APS在水平方向提供攔截，防空型鏈(機)砲摧毀來襲無人機，但電磁防護系統也必須納入，高能雷射微型化，干擾或摧毀無人機，都是指日可待，戰車安全防護為「全軍」之首要，戰車存活才能「破敵」，殲滅敵有生戰力，贏得戰鬥勝利；線導反裝甲飛彈(無人機)，近期重返活躍於俄烏戰場，無法以電子干擾或反制，這一點需特注意其後續應用與發展

戰車主砲口徑日趨加大，二戰主力戰車主砲以37-88公厘為主，KF-51主砲已達130公厘，象徵戰車砲彈重量隨口徑加大而變重，過去多種彈藥看似為多樣目標，選擇適用彈種，但過於繁雜種類影響整補效率與製造儲備，美軍將120公厘戰車砲彈，簡化為M-829翼穩脫殼穿甲彈(Armor-piercing Fin-stabilized Dis-carding Sabot, 簡稱：APFSDS)與M-1147先進多功能彈(Advanced Multi-purpose, 簡稱：AMP)兩種，前者以長桿穿甲彈芯加襯乏鈾合金彈尖，用以擊穿敵方裝甲車輛；後者可以取代榴彈、破甲榴彈、破障彈及複合彈，尤其M1147具備防空射擊能力，未來可作為我M1A2T戰車砲彈選用參考。

次世代戰車將為第4代主力戰車勾勒發展願景，俄國T-14阿瑪塔(Arnata)

問世，無人砲塔與乘員艙前移，讓西方科技情報蒐集人員跌破眼鏡，但嗅覺敏銳的戰車製造商，則發現這是商機，唯有勇於突破現有刻板印象，才能製造出絕世裝備，本文所列三款次世代戰車，僅 KF-51 為全新產品，餘為現役裝備經構型改變製造出新戰車，雖各有其專擅與特點，換言之，次世代主戰車除傳統火力、機動力及指通力 3 項指標戰力外，智能化環景系統與戰場覺知能力，增進戰車機動安全與即時戰鬥反應能力，使戰車具備全能化戰鬥力，在本世紀仍為各國陸上不可或缺主要戰力。



## 參考文獻

### 一、中文：

#### (一)專書

- 1.馬鋼，〈以巴衝突歷史回顧與戰術分析〉，《船艦知識》，總第 531 期，2023 年 12 月。
- 2.張皓琰，《俄烏戰爭與空拍機戰鬥應用：實測與攻守情境模擬分析》，（桃園：國防大學戰略研究所碩士論文，2024）。
- 3.小林源文著，許嘉祥譯，《魏特曼戰紀 1943-新編》，（台北市，蒼壁出版有限公司，2021 年 1 月）。
- 4.李思平，黃峻民，《戰車部署 2020》，（台北市，尖端科技軍事雜誌社，第 393 期，2020 年 01 月）。

#### (二)網際網路

- 1.少年報導者，〈3 個關鍵字帶中小學生聽懂以巴衝突：哈瑪斯是恐怖組織？加薩走廊為何被稱「露天監獄」？〉，  
<<https://kids.twreporter.org/article/podcast-israel-gaza-war>>。
- 2.莊喻婷，〈加薩走廊：長 41 公里、寬 10 公里的愁苦困城〉，《上報》，  
<[https://www.upmedia.mg/news\\_info.php?Type=3&SerialNo=41387](https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=3&SerialNo=41387)>。
- 3.周辰陽，〈巴勒斯坦激進團體「狂射千枚火箭」 以色列國防軍緊急進入戰備狀態〉，《聯合新聞網》，  
<<https://udn.com/news/story/123777/7491310>>。
- 4.胡玉立，〈以巴衝突／正在狂歡 槍手闖民宅擄數十人質…以色列人震驚〉，《聯合新聞網》，<<https://udn.com/news/story/123777/7492570>>。
- 5.高詣軒，〈傳空襲加薩至少 313 死、2 千人傷 以色列總理矢言讓哈瑪斯據點化為「瓦礫」〉，《聯合新聞網》，  
<<https://udn.com/news/story/123777/7492830>>。
- 6.茅毅，〈重新控制以南周邊社區！哈瑪斯突襲 2 天後 以色列軍方：所有戰鬥已中止〉，《聯合新聞網》，  
<<https://udn.com/news/story/123777/7494427>>。
- 7.田思怡，〈以軍大舉進攻加薩 投鑽地彈摧毀哈瑪斯地道網〉，《聯合新聞網》，<<https://udn.com/news/story/123777/7538031>>。
- 8.盧思綸、陳曉慈，〈以哈今起休戰！停火四天 首批釋 13 人質〉，《聯合新聞網》，<<https://udn.com/news/story/123777/7595166>>。
- 9.徐榆涵，〈傳以色列 1 年多前就知道哈瑪斯的作戰計畫！輕忽警告竟是「這原因」〉，《聯合新聞網》，  
<<https://udn.com/news/story/123777/7611060>>。

- 10.徐榆涵，〈情蒐能力前所未見！哈瑪斯戰士攜詳盡地圖 直搗以國城鎮和軍事基地〉，《聯合新聞網》，  
<<https://udn.com/news/story/123777/7502731>>。
- 11.阿卜杜拉利·拉加德 (Abdelali Ragad)、理查德·歐文-布朗 (Richard Irvine-Brown)、本尼迪克特·加曼 (Benedict Garman) 和肖恩·塞登 (Sean Seddon)，〈哈馬斯如何組建一支武裝在 10 月 7 日襲擊以色列〉，《BBC NEWS》，< <https://www.bbc.com/zhongwen/trad/world-67551681>>。
- 12.栗筱雯，〈哈瑪斯無人機襲以 救護車照炸不誤 恐怖份子流竄社區〉，《中時新聞網》，< <https://www.chinatimes.com/realtimenews/20231007003404-260408?chdtv>>。
- 13.吳哲宇，〈哈瑪斯無人機再現伊朗蹤跡 國際制裁顯未見效〉，《自由時報》，< <https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4453844>>。
- 14.曾依璇譯，〈紐時：以色列 1 年多前就知哈瑪斯計畫 卻無視警訊〉，《中央社》，< <https://today.line.me/tw/v2/article/nXmEzXo>>。
- 15.呂昭隆，〈台灣防空飛彈密度 世界排名第二〉，《中國時報》，  
<<https://tw.stock.yahoo.com/news/%E6%94%BF%E6%B2%BB-%E5%8F%B0%E7%81%A3%E9%98%B2%E7%A9%BA%E9%A3%9B%E5%BD%88%E5%AF%86%E5%BA%A6-%E4%B8%96%E7%95%8C%E6%8E%92%E5%90%8D%E7%AC%ACE4%BA%8C-001748120.html>>。
- 16.羅添斌，〈陸軍無人機訓練中心編成 在副總統蕭美琴面前展現偵攻作戰演練〉，《自由時報》，< <https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4927305>>。
- 17.涂鉅旻，〈國軍今年大買 968 架軍用無人機 官方報告揭導入 AI 人工智慧能力〉，《自由時報》，  
<<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4706786>>。
- 18.江飛宇，〈美軍下一代坦克「艾布蘭 X」亮相，內外已全面升級〉，(台北市，中時新聞網，2022 年 10 月 09 日)，  
<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20221009002799-260417>。
- 19.宏惠光電，〈一文讀懂光譜、多光譜、高光譜技術〉，(桃園市，惠宏光電股份有限公司，2021 年 07 月 20 日)，<https://www.uniceo.com/news/%E7%9F%A5%E8%AD%98%E4%B8%80%E6%96%87%E8%AE%80%E6%87%82%E5%85%89%E8%AD%9C-%E5%A4%9A%E5%85%89%E8%AD%9C->



%E9%AB%98%E5%85%89%E8%AD%9C%E6%8a%80%E8%A1%93。

20.天平阿棟，〈美國陸軍：將推出 M1E3Abrams 戰車〉，(新北市，痞客邦，2024 年 11 月 30 日)，

<http://adf20021021.pexnet.net/blog/post/5777234736>。

21.陳治程，〈集歷代大成再進化，美陸軍宣布升級 M1A2 為 M1E3〉，(台北市，自由軍武，2023 年 09 月 07 日)，

<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4412226>。

22.涂鉅旻，〈美陸軍參謀長下令紮宿醉新銳 M1E3 戰車最快在兩年後部署〉，(台北市，自由軍武，2025 年 04 月 16 日)，

<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/5013434>。

## 二、外文：(網際網路)

1. Gil Ronen，〈Operation 'Cast Lead' Begins〉，《Israel National News - Arutz Sheva》，<<https://www.israelnationalnews.com/news/129052>>。

2. Shalom Bear，〈IDF's Operation "Protective Edge" Begins Against Gaza〉，《JewishPress.com》，<<https://web.archive.org/web/20140710004714/http://www.jewishpress.com/news/breaking-news/idfs-operation-protective-edge-begins-against-gaza/2014/07/08/>>。

3. JACOB MAGID，〈Two soldiers wounded by gunfire on Gaza border; IDF hits Hamas post, killing 2〉，《JewishPress.com》，<<https://web.archive.org/web/20190510072346/https://www.timesofisrael.com/idf-nabs-gazan-armed-with-knife-who-breached-border-fence-into-israel/>>。

4. ALEXANDRA OLSON，〈Media demand Israel explain destruction of news offices〉，《JewishPress.com》，<<https://web.archive.org/web/20210515215524/https://apnews.com/article/israel-middle-east-israel-palestinian-conflict-media-business-050b1cc02293d702cfbe7db59b6ecbf4>>。

5. Bethan McKernan、Hazem Balousha，〈Israel bombs Gaza Strip for second day in 'pre-emptive operation'〉，《The Guardian》，<<https://www.theguardian.com/world/2022/aug/06/israel-bombs-gaza-strip-second-day-pre-emptive-operation-palestine>>。

6. IDF Editorial Team，〈Everything You Need to Know About Hamas' Underground City of Terror〉，《The Israel Defense Forces》，<<https://www.idf.il/en/mini-sites/the-hamas-terrorist->

organization/everything-you-need-to-know-about-hamas-underground-city-of-terror/> 。



## 筆者簡介-1



姓名：劉守中

級職：少校學員

學歷：專業軍官班 104 年班、陸軍裝訓部正規班 108 年班

經歷：排長、戰術教官、連長，現就讀國防大學陸軍指揮參謀學院 114 年班

電子信箱：

軍網：yuzu07061120@webmail.mil.tw

民網：yuzu07061120@gmail.com

## 筆者簡介-2



姓名：黃瑞憶

級職：上校教官

學歷：陸軍官校電機系 92 年班、國防大學陸軍指參學院 106 年班

經歷：旅作戰官旅訓練官、情參官、營參謀主任、營長，現任國防大學陸軍指揮參謀學院教官

電子信箱：

軍網：J550550@webmail.mil.tw

民網：J550550@gmail.com

